

Rec'd PCT/PTO 30 NOV 2004
PCT/EP 03/05144 #2

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 22 JUL 2003
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 24 939.3

Anmeldetag: 31. Mai 2002

Anmelder/Inhaber: Deere & Company, Moline, Ill./US

Erstanmelder: Heinz Weiß, Bensheim/DE

Bezeichnung: Triebachs-Anhänger

IPC: A 01 B, B 62 D, G 05 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Triebachs-Anhänger

[0001] Die Erfindung betrifft Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeuge für den Einsatz in der Landwirtschaft.

[0002] Mitte der 50ziger Jahre des vorigen Jahrhunderts wurden einachsige Wagen in der Landwirtschaft durch Triebachs-Anhänger ersetzt, da die Traktoren bei niedriger aber hinreichender Leistung keine ausreichende Masse besaßen, um bei widrigen Witterungsbedingungen die mehr als doppelt so schweren Anhänger zu ziehen.

[0003] Der Triebachs-Anhänger wurde mit einer mechanischen Deichsel an den Traktor gekoppelt und über die Zapfwelle des Traktors angetrieben. Das Traktionsgewicht der Transporteinheit konnte hierdurch um die Masse des Triebachs-Anhängers plus Beladung erhöht und so auf die Räder verteilt werden, dass jedes Rad die Last, die es trug, auch antrieb und bremste.

Da geeignete Regelelektronik noch fehlte, um die Drehzahlen der Räder von Traktor und Triebachs-Anhänger an die unterschiedlichen Kurvenhalbmesser anzupassen, geschah es, dass der Triebachs-Anhänger den Traktor unter gewissen Bedingungen umstürzte, was zu tödlichen Unfällen führte. Herstellung und Vertrieb von Triebachs-Anhängern wurden deshalb eingestellt.

Heutige Elektronik gestattet es aber, oben beschriebene Funktionalität sicher darzustellen.

[0004] In VDI-Berichte 1356 „Landtechnik 1997“ hat Tapazdi Ergebnisse seiner Dissertation „Möglichkeiten der Verbesserung des Rad-Boden Kontaktes“ wie folgt zusammengefasst:

Lfd.	Fahrzeugantrieb	% Boden normal	Schlupf Boden nass	% schwer / nass
1	Hinterradantrieb	22	40	60
2	1+Vorderrad	20	28	55
3	2+ Triebachser	18	20	40
4	3+ Reifendruck	14	16	35

Die Schlupfwerte beziehen sich auf die Hinterräder des Traktors, wobei ein Schlupf von 20 % in der Landwirtschaft für normale Böden ein guter Wert darstellt. Aus der Tabelle kann abgelesen werden, dass sich dieser Wert nach Zuschaltung der Vorderrad-Triebachse einstellt. Eine Zuschaltung des



Triebachs-Anhängers bringt unter den geschilderten Bedingungen keine wesentlichen Vorteile mehr.

Auf nassem Boden kann ein Schlupf von 20 % aber nur nach Zuschaltung des Antriebs des Triebachs-Anhängers gehalten werden. Auf nassen schweren Böden reicht aber auch diese Maßnahme nicht aus, um eine befriedigende Mobilität und Traktion zu sichern. Mit der Aktivierung der Reifendruckregelanlage an allen Räder kann aber erreicht werden, dass die Transport-Fahrzeuge nicht stecken bleiben.

[0005] Betrachtet man die Größe und das Gewicht der auf der Agritechnica Hannover 2001 ausgestellten Transport-Anhänger und selbstfahrenden Erntemaschinen und die gestiegenen Durchsätze der Maschinen durch größere Arbeitsbreiten und höhere Geschwindigkeiten, so muss die Forderung erhoben werden, durch Leichtbau und verbesserte Maschinenkonzepte die Belastung der Böden zu senken.

[0006] Hinsichtlich der Maschinenkonzepte können folgende Überschlagsrechnungen angestellt werden. Wenn man von einem Durchsatz eines Feldhäckslers von 150 t/h ausgeht, so werden 8,3 Transportfahrzeuge der Einheit „Traktor plus 20 t Tandem-Anhänger (nicht angetrieben)“ benötigt, ohne auf die Einflüsse der Transportentfernung einzugehen.

Setzt man einen Tandem-Triebachs-Anhänger ein, der in der Lage ist, einen Dreiachs-Deichsel-Anhänger von 30 Tonnen zusätzlich zu ziehen, so kann das Transport-Aufkommen von 3,3 Transport-Einheiten bewältigt werden. Das bedeutet eine Einsparung von 5 Traktoren, wobei die Kosten für die Einzelradantriebe der Triebachs-Anhänger gegen zu rechnen sind.

Wenn man in Kenntnis der Versuche mit „Fahrerassistenz-Systemen“ das Problem ganz konsequent angeht und auf Tridem-Triebachs-Anhänger umstellt, so können 8,3 Traktoren eingespart werden, wobei das Häckselgut von 2,8 Gespannen mit jeweils zwei Tridem-Triebachs-Anhängern bewältigt wird.

[0007] Im Juni 1999 wurden von Daimler-Chrysler auf der Autobahn A 81 Prototypen zweier Nutzfahrzeuge mit „elektronischer Deichsel“ vorgestellt. Die beiden Fahrzeuge waren elektronisch so miteinander gekoppelt, dass das vorausfahrende Fahrzeug wie gewohnt von einem Fahrer gelenkt, beschleunigt und verzögert wurde, während das nachfolgende Fahrzeug ohne Fahrer gleichsam mit einer „virtuellen Deichsel“ dem Leitfahrzeug in geringem Abstand und mit angepasster Geschwindigkeit folgte.

[0008] Fahrerassistenz-Systeme dieser Art unterscheiden sich von Servosystemen dadurch, dass sie mit zusätzlicher Elektronik bestückt sind und

Intelligenz besitzen, um dem Fahrer in kritischen Situationen die Fahrentscheidung und die Lenkarbeit abzunehmen.

Das kann am Beispiel der ABS-Bremsen erläutert werden. ABS greift ein, wenn der Fahrer das Fahrzeug überbremsst, so dass die Räder zum Blockieren neigen. Mit ABS kann das Blockieren der Räder aber ohne Zutun des Fahrers vermieden werden, so dass das Fahrzeug seine Straßenführung nicht verliert und sicher gebremst werden kann. Zukünftige Fahrzeuge sind ohne Fahrerassistenz dieser Art und ohne Mechatronik nicht mehr denkbar.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen unbemannten und autonom fahrenden Triebachs-Anhänger bereit zu stellen, der drahtlos von einem konventionellen Traktor als Leitfahrzeug und/oder in Bezug zu diesem gesteuert werden kann.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Kombination Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug, welche die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den untergeordneten Ansprüchen enthaltenen Merkmalen erreicht werden.

Dabei weist der unbemannte Triebachs-Anhänger mindestens eine angetriebene und mindestens eine gelenkte Achse auf, so dass er in Verbindung mit einer ebenfalls vorhandenen mindest einer Empfangseinheit für Positionsdaten, die mit einer elektronischen Steuerung verbunden ist, durch einen eigenen Antrieb in der Lage ist, sich in Bezug zur jeweiligen Position eines bemannten Leitfahrzeugs zu bewegen.

Dadurch kann der Triebachs-Anhänger einem Leitfahrzeug folgen, ohne dass eine starre mechanische Verbindung vorhanden ist. Es besteht aber auch die Möglichkeit den Triebachs-Anhänger in seiner Bewegung so zu steuern, dass er eine ganz bestimmte gezielte Position in Bezug zu einem Leitfahrzeug einnehmen kann, um beispielsweise Erntegut von einem entsprechend ausgebildeten Leitfahrzeug übernehmen zu können, ohne dass aufwendige Manövriermanöver erforderlich sind.

[0011] Beispiele für Empfangseinheiten, die drahtlos Positionskoordinaten übernehmen können, sind Sattelitenpositionsbestimmungssysteme (auch differentielle), Funk- und/oder Radarsignale empfangende Einheiten.

Der kombinierte Einsatz mehrerer verschiedener Empfangseinheiten erweitert die Möglichkeiten eines autark fahrbaren Triebachs-Anhängers und erhöhen zusätzlich die Steuerungsgenauigkeit.

Vorteilhaft kann es außerdem sein, Sensoren an solchen erfundungsgemäßen Triebachs-Anhängern einzusetzen. Diese können an Achsen und/oder den Rädern angeordnet sein, um die Drehzahlen, Drehmomente, die jeweilige Masse und/oder die Radstellungen zu bestimmen.

[0012] In gleicher Weise kann ein zweiter Triebachs-Anhänger so gesteuert werden, dass er sich dem ersten Triebachs-Anhänger anschließt und in der Spur oder auch spurversetzt folgt.

Da auch Ernte-Maschinen wie z.B. Mähdrescher als Leitfahrzeuge gelten, müssen Triebachs-Anhänger in der Landwirtschaft auch in der Lage sein, sich zum Abtanken parallel an einen Mähdrescher anzudocken.

[0013] Der Triebachs-Anhänger besteht aus einem Chassis und mindestens einem Triebachs-Aggregat. Das Chassis sollte den Aufsatz von unterschiedlichen Kipper-, Pritschen-, und Güllefass-Aufbauten, etc. gestatten, so dass der Triebachs-Anhänger vielfältig einsetzbar ist. Als Federung können adaptive und aktive Systeme eingesetzt werden.

Jedes Achs-Aggregat kann aus einer Achsbrücke und zwei Radköpfen mit Servoantrieb, Servobremse und Servolenkung bestehen. Es können auch zwei und mehr Triebachsen zum Einsatz kommen.

[0014] Als Primär-Leistungseinheit können ein zentraler Unterflur-Diesel-Motor und Generator oder alternativ eine Brennstoffzelle eingesetzt werden.

Der Antrieb des Triebachs-Anhängers sollte elektrisch unmittelbar an den Achsen oder bevorzugt an den angetriebenen Rädern, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines mechanischen Getriebes erfolgen. Elektrische Komponenten haben den Vorteil, dass sie auch bei tiefen Temperaturen einsetzbar sind und nicht einfrieren.

[0015] Als vielversprechend kann ein System mit mehreren Brennstoffzellen angesehen werden, da sie ohne Umweg über eine mechanische Stufe den chemischen Energieinhalt des Kraftstoffs direkt in Gleichstrom umsetzen und den Brennstoff „kalt verbrennen“.

Kommen mehrere Brennstoffzellen zum Einsatz, so lassen sich bei Traktoren verbesserte Wirkungsgrade für den Fall erreichen, dass die installierte Leistung nicht voll ausgenutzt wird und einzelne Zellen abgeschaltet werden können. Brennstoffzellen haben im Gegensatz zum Diesel Motor ihre besten Wirkungsgrade von etwa 40 Prozent nahe ihrer maximalen Auslastung.

[0016] Durch eine „virtuelle Deichsel“ kann der Kontrollhorizont eines Triebachs-Anhängers bzw. seines Fahrzeug-Managements so erweitert werden, dass sich das Fahrzeug auf dem Feld frei und autonom bewegen kann, wenn es von einem Leitfahrzeug dazu aufgefordert wird.

[0017] Da ein Triebachs-Anhänger in der Ernte-Prozesskette in der Regel mit einer Vielzahl von Fahrzeugen zusammenwirken soll, erleichtert das Prinzip der „virtuellen Deichsel“ die Transporteinsätze wesentlich, da nicht mehr manuell angekoppelt werden muss. Bei entsprechender Ausbildung des Triebachs-Anhängers können nach dem Andocken Container von Triebachs-Anhänger zu Triebachs-Anhänger oder auch zu einem nicht angetriebenen Anhänger oder einem Nutzkraftfahrzeug verschoben werden.

[0018] Bei einem autonom fahrenden Triebachs-Anhänger kann die Position und Lage des vorausfahrenden Leitfahrzeugs mit Radar- oder Laser-Verfahren und/oder elektronischer Bildverarbeitung abgetastet werden, um aus der relativen Position von Leitfahrzeug und Triebachs-Anhänger den nächsten Soll-Bewegungsvektor des Triebachs-Anhänger zu generieren.

Eine Änderung der Bewegungsrichtung des Gesamtfahrzeugs lässt sich aber nur über eine Änderung der Bewegungsvektoren der einzelnen Räder erreichen. Gegenüber konventionellen Steuerungsverfahren erfordert dies mehr Intelligenz und eine Erweiterung des abzuarbeitenden Codes und der erforderlichen Speicherkapazität.

[0019] Leitfahrzeuge wie Traktor oder Ernte-Maschine sollten vom Triebachs-Anhänger an individuellen Merkmalen erkannt werden. Für jedes Leitfahrzeug können somit spezielle Leitalgorithmen in der elektrischen Steuerung abgelegt und wieder abgerufen werden, nach denen sich der Triebachs-Anhänger dem jeweiligen Leitfahrzeug annähert.

[0020] Ist ein Leitfahrzeug nicht in der Nähe oder „inaktiv“, so kann ein Triebachs-Anhänger auch von einer Leitzentrale mit Hilfe von elektronischen Karten und GPS-Ortungssystemen an den nächsten Einsatzort geführt und auf dem Feld eingesetzt werden. Auf den topologischen Karten sind Hindernisse markiert und Leitlinien eingetragen, welchen der Triebachs-Anhänger folgen kann bzw. umfahren muss.

[0021] Bemannte Leitfahrzeuge erweitern den Kontrollraum des Triebachs-Anhängers so, dass der Anhänger in Zukunft auch auf der Straße eingesetzt werden kann, was die Versuche mit Fahrerassistenz-Systemen nachgewiesen haben.

[0022] Satellitennavigationsgeräte für alle Fahrzeuge einer Prozess-Kette und CBS-Kommunikation aller Teilnehmer untereinander reduzieren die Gefahr von Kollisionen und steigern die Sicherheit.

[0023] Nach der Diskussion des äußeren Kontrollraums der elektrischen Steuerung eines Triebachs-Anhängers geht es darum, auch die internen Kontrollräume der Bewegungsvektoren aller Räder und das Gierverhalten des Gesamtfahrzeugs abzuklären. Einzelradantriebe an den Triebachs-Anhängern reduzieren durch ihre mehrfache Redundanz die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems und steigern die Sicherheit in der Prozesskette.

[0024] Es kann weiter davon ausgegangen werden, dass die Einsparungsmöglichkeiten bei den Anschaffungskosten für eine Prozesskette mit Triebachs-Anhängern und „virtueller Deichsel“ im Vergleich zu bisherigen Transportsystemen groß sind, wenn man bedenkt, dass viele Fahrzeuge nicht mehr benötigt werden und die verbleibenden Komponenten standardisiert werden können. Hierzu wurden bereits Überschlagsrechnungen durchgeführt.

[0025] Es wird davon ausgegangen, dass die Produktivität einer Prozesskette von Triebachs-Anhängern mit „virtueller Deichsel“ im Vergleich zu den traditionellen Transportsystemen wegen der gewonnenen Flexibilität und ihrem hohen Automatisierungsgrad, dem Fortfall manueller Kopplungsmanöver und dem leichten Wechsel von Containern steigt.

[0026] Es kann weiter davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen an die Belastung des Menschen und seine Aufmerksamkeit beim Betrieb einer Prozesskette mit Triebachs-Anhängern im Vergleich zu anderen Transportsystemen wegen der deutlich geringeren Anzahl der Fahrzeuge, dem hohen Automatisierungsgrad der Prozesse und der Unterstützung durch Fahrerassistenz-Systeme sinken.

[0027] Da der Triebachs-Anhänger automatisch betrieben wird, hängt der Komfort für den Fahrer nur noch von der Qualität des Leitfahrzeugs ab und der Fahrer ist von allen Schwingungsanregungen des Anhängers abgekoppelt.

[0028] Außerdem kann die Verdichtung des Bodens durch eine Prozesskette mit Triebachs-Anhängern im Vergleich zu allen anderen Transportsystemen reduziert werden, da die Masse der eingesparten Fahrzeuge den Boden nicht mehr verdichtet, beim Triebachs-Anhänger die mechanische Deichsel und schwere Ladevorrichtungen für Container eingespart werden können und das Fahrzeug in Leichtbau herstellbar ist. Reifenbefüllungsanlagen gestatten auf dem Feld eine automatische Absenkung des Reifendrucks, um die Aufstandsfläche der Reifen zu vergrößern und den Bodendruck zu verringern.

[0029] Eine Massereduzierung der Ernte-Maschinen kann weiter durch stetiges Abtanken auf den parallel fahrenden Triebachs-Anhängers erreicht werden, wobei das Maschinenkonzept der „virtueller Deichsel“ alle Möglichkeiten des spurversetzten Fahrens des Triebachs-Anhängers und weitere Spurvariationen durch Einzelradlenkung und Hexapod-Achs-Aufhängung gestatten.

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft beschrieben werden:

Fig. 1. Traktor mit nicht angetriebenem Tandem Anhänger (Stand der Technik),
Fig. 2. Traktor mit Tandem Triebachs-Anhänger.

Fig. 3. Draufsicht auf ein beidrehendes Leitfahrzeug, welches über CBS -Funk einen Triebachs-Anhänger auffordert, sich anzukoppeln.
Der Triebachs-Anhänger ortet über Radar Position und Lage des Leitfahrzeugs.

Fig. 4. Bei gleichzeitiger Bewegung beider Fahrzeuge verkürzt der Triebachs-Anhänger in einer Phase 1 den Abstand zum Leitfahrzeug.

Fig. 5. In der Phase 2 nähert sich der Triebachs-Anhänger dem Leitfahrzeug bis auf einen Arbeitsabstand A1.

In gleicher Weise koppelt sich ein zweiter Triebachs-Anhänger an.

Fig. 6. Erweiterung des Kontrollraums des Triebachs-Anhängers auf der Strasse um die Kontrolldistanz des benannten Leitfahrzeugs bzw. der Vorausschau des Fahrers.

Fig. 7. Nach Aufforderung zum Abtanken nimmt der Triebachs-Anhänger die Ortung eines Mähdreschers als Leitfahrzeug auf und nähert sich ihm mit eingeschlagenen Rädern.

Fig. 8. Annäherung an ein Leitfahrzeug in der ersten Phase 1.

Fig. 9. Seitliches Andocken an ein Leitfahrzeug in einem Abstand B1 in der zweiten Phase 2 und Vorbereitung des Überladevorgangs.

Fig. 10. Andocken eines Triebachs-Anhängers an ein Nutzkraftfahrzeug und Übergabe eines Containers für den Abtransport.

Fig. 11. Abfahrt des Containers mit einem konventionellen Nutzkraftfahrzeug als Leitfahrzeug.

[0030] Figur 1

Figur 1 zeigt ein Transportfahrzeug 11 mit einem landwirtschaftlichen Traktor 12 und einem Tandem-Anhänger 13 nach dem Stand der Technik, die über eine Deichsel 14 miteinander verbunden sind. Die Nachteile bestehen darin, dass der Traktor mit einem Eigengewicht von 7 Tonnen und einer Aufstützlast der

Deichsel 14 von 3 Tonnen bei widrigen Witterungsverhältnissen nicht in der Lage ist, den fast doppelt so schweren Anhänger zu ziehen.

[0031] Figur 2

In Figur 2 ist dieses Traktionsproblem dadurch gelöst, dass der Tandem Anhänger 13 durch einen Triebachs-Anhänger 23 mit zwei Triebachsen 25 ersetzt wurde, so dass sich das nutzbare Adhäsionsgewicht des Zuges 21 um die Masse des Triebachs-Anhängers 23 und der Zuladung um etwa 20 Tonnen erhöht hat.

[0032] Figur 3

Der in Figur 3 gezeigte Triebachs-Anhänger 33 mit drei Achsen ist über eine „virtuelle Deichsel“ 34 mit dem Leitfahrzeug 32 verbunden. Das bemannte Leitfahrzeug 32 überholt den Triebachs-Anhänger 33 auf der Spur 31 und setzt sich innerhalb des Kontrollraums 35 vor den Triebachs-Anhänger 33.

Der Fahrer des Leitfahrzeugs 32 fordert über eine CBS Funkverbindung 36 – Leitstelle 37 - CBS Strecke 38 zur elektronischen Steuerung den Triebachs-Anhänger 33 auf, sich anzukoppeln. Der Controller 38 tastet mit Rundum-Rader 80 die Position des Leitfahrzeugs 32 ab und generiert mit den unter der Identifikation des Leitfahrzeugs 32 abgelegten Daten eine Folge von Bewegungsvektoren 39 zur Annäherung.

Die Aufforderung zum Ankoppeln des Triebachs-Anhängers 33 kann auch von einer externen Leitzentrale 81 ausgesprochen werden.

[0033] Figur 4

In Figur 4 hat sich der Abstand der Fahrzeuge 32 und 33 gegenüber ihrer Position in Figur 3 reduziert, was auch an den Durchmessern der Kontrollräume 35 und 45 abgelesen werden kann. Bis auf eine Winkeldifferenz alfa folgt der Triebachs-Anhänger 33 dem Leitfahrzeug 32 bereits in der Spur. Die Bewegungsvektoren 39 und 49 haben sich nur wenig geändert.

[0034] Figur 5

In Figur 5 wurde der Arbeitsabstand A1 erreicht und der Triebachs-Anhänger 33 ist voll einsatzbereit. Es ist weiter gezeigt, dass sich ein zweiter Triebachs-33 ist voll einsatzbereit. Es ist weiter gezeigt, dass sich ein zweiter Triebachs-Anhänger nach der gleichen Methode bis auf den Arbeitsabstand A2 an den Anhänger nach der gleichen Methode bis auf den Arbeitsabstand A2 an den ersten Triebachs-Anhänger 53 angenähert hat. Die Aufforderung, sich spurversetzt anzukoppeln, wurde eingehalten, was durch den Spurversatz S dokumentiert ist.

[0035] Figur 6

In Figur 6 ist die Erweiterung des Kontrollraums des Triebachs-Anhängers 33 um den Kontrollhorizont des Leitfahrzeugs 32 bzw. die Vorausschau des Fahrers dargestellt. Das bemannte Leitfahrzeug 32 erweitert den Einsatzbereich des Triebachs-Anhängers 33 für den Straßenverkehr. Ausgehend vom Augenpunkt des Fahrers sind zwei Sehstrahlen dargestellt, die einen Schwinkel 64 einschließen. Innerhalb diesem Schwinkel erkennt der Fahrer das Fahrzeug 69, welches sich von rechts einer Kreuzung nähert. Der Triebachs-Anhänger 33 folgt dem bemannten Leitfahrzeug 32 wie mit einer mechanischen Deichsel gekoppelt.

[0036] Figur 7

Da in der Ernte-Kette auch Mähdrescher als Leitfahrzeuge 32 für Triebachs-Anhänger 33 anzusehen sind, sind neben der Längsfahrt des Triebachs-Anhängers 33 auch Querbewegungen erforderlich, um sich seitlich an einen Mähdrescher anzudocken. Alle Prozeduren laufen grundsätzlich analog zu Figur 3 ab.

Der Fahrer des Mähdrescher 32 fordert über die CBS Funkverbindung 36 - Leitstelle 37 - CBS Strecke zur elektrischen Steuerung 38 des Triebachs-Anhängers 33 diesen auf, sich anzukoppeln. Ein Rundum-Radar 80 tastet als Beispiel einer Empfangseinheit drahtlos die Position des Mähdreschers 32 ab und berechnet mit den unter der Identifikation des Mähdreschers 32 abgelegten Daten eine Folge von Bewegungsvektoren zur Annäherung an das Leitfahrzeug 32.

Die „virtuelle Deichsel“ 34 erstreckt sich bei einem Mähdrescher 32 seitlich zwischen der Markierung 30 des Leitfahrzeugs 32 und dem Rundum-Radar 80. Der berechnete Bewegungsvektor 39 weist in Richtung der Markierung 30 des Leitfahrzeugs 32. In Figur 7 wird die Querfahrt über die Lenkung der Einzelradantriebe des Triebachs-Anhänger 33 eingeleitet.

Die Aufforderung zum Ankoppeln des Triebachs-Anhängers 33 kann auch von einer externen Leitzentrale 81 ausgesprochen werden.

[0037] Figur 8

In Figur 8 hat sich der Triebachs-Anhänger 33 bis auf den Kontrollraum 85 an den Mähdrescher 32 angenähert und das Rundum-Radar 80 erfasst die Position des Leitfahrzeugs 32 über die „virtuelle Deichsel“ 34. Die unter der Identifikation des Leitfahrzeugs 32 abgelegten Daten gestatten die Generierung einer Folge von Bewegungsvektoren zur Annäherung.

[0038] Figur 9

Figur 9 zeigt, dass sich der Triebachs-Anhänger 33 nach Lage des „virtuellen Dreiecks“ 34 im gewünschten Abstand B1 zum Mähdrescher 32 angedockt hat. Die Übergabeschnecke 99 wurde bereits in Position gebracht. Da beim Abtanken des Mähdreschers 32 beide Fahrzeuge in Bewegung sind, müssen die Positionen der Fahrzeuge zueinander laufend überwacht und korrigiert werden. Um eine gleichmäßige Beladung des Triebachs-Anhängers 33 zu garantieren, sollte zusätzlich die relative Lage des Übergaberohres 99 nachgeregelt werden.

[0039] Figur 10

Ein Tridem-Triebachs-Anhänger 33 erhielt vom Nutzkraftfahrzeug als Leitfahrzeug 32 die Aufforderung zur Übergabe des vollen Containers 50 für den Abtransport. Aufgrund seiner eigenen Positionen 33 und der des rufenden Leitfahrzeugs 32 ist der Triebachs-Anhänger 33 in der Lage, das Fahrzeug 32 anzufahren und sich zur Übergabe des Containers 50 im Abstand A1 anzudocken. Dieses geschieht analog zu Figur 5 mit dem Unterschied, dass der Abstand A1 nur etwa 5 cm beträgt.

[0040] Figur 11

Nach Übergabe des Containers 50 ist das Nutzkraftfahrzeug 32 bereit zur Abfahrt und hinterlässt einen Triebachs-Anhänger 33 ohne Container. Der Triebachs-Anhänger steht für die Übernahme eines leeren Containers wieder bereit.

[0041] Bei dem Verfahren des autonomen landwirtschaftlichen Transports mit Triebachs-Anhängern 33 und Leitfahrzeugen 32 müssen die Positionen der beteiligten Fahrzeuge im Bereich von Millisekunden erfasst und neu berechnet werden. Aus diesen Sequenzen wurden als Figur 3 bis 5 bzw. Figur 7 bis 9 drei Konstellationen für das rückseitige und das seitliche Ankoppeln an ein Leitfahrzeug festgehalten.

[0042] Die Verfahrenstechnik von Tridem-Triebachs-Anhängern 33 wurde in Figur 1 bis 11 im Zusammenspiel mit unterschiedlichen Leitfahrzeugen 32 dargestellt. Schnell laufende Leitfahrzeuge 32 und Tridem-Triebachs-Anhängern 33 sind darüber hinaus z.B. auch beim Bau von Autobahnen und bei einer Vielzahl von Anwendungen im Offroad-Bereich einsetzbar.

[0043] Neben dem favorisierten Tridem-Triebachs-Anhänger 33 ist aber auch jede andere Zahl von angetriebenen Achsen für Triebachs-Anhänger denkbar.

[0044] Als „virtuelle Deichsel“ können neben dem Rundum-Radar 80 auch Verfahren der Laser-Technik und des Ultraschalls oder der elektronischen Bildverarbeitung eingesetzt werden.

[0045] Ein hervorstechendes Merkmal der neuen Antriebstechnologie stellt das Zusammenspiel des Kontrolldreiecks der „Virtuellen Deichsel“ 34 zwischen dem Rundum-Radar 80 des Triebachs-Anhängers 33 und der Markierung 30 des Leitfahrzeugs 32 dar.

Aus den Messdaten berechnet die elektronischen Steuerung 38 des autonomen Triebachs-Anhängers 33 den momentanen Bewegungsvektor 39 des Fahrzeugs und leitet daraus die neuen Sollvorgaben der Bewegungsvektoren der individuellen Einzelradantriebe ab.

Diese Vorgaben werden über CAN-Bus oder einem anderen Kommunikations-System den Kontrollern der Einzelradantriebe übermittelt. Die Umsetzung der errechneten Vorgaben für Drehzahl, Drehmoment und Lenkeinschläge der Radantriebe wird von der elektronischen Steuerung der Einzelradantriebe gesteuert und überwacht.

[0046] Während der Triebachs-Anhänger 33 hinsichtlich seiner elektronischen Funktionen hochgerüstet werden sollte, um sich allen Arbeitsanforderungen im Laufe eines Jahres flexibel anpassen zu können, kann sich die elektronische Aufrüstung konventioneller Leitfahrzeuge 32 auf die Hinzufügung z.B. einer Satellitenempfangsstation und/oder einer CBS-Funkanlage beschränken.

[0047] Ein intelligenter autonom fahrender Triebachs-Anhänger 33 kann Elemente für folgende Funktionen an Bord haben:

- Sattelitenempfangsstation
- CBS-Funkanlage mit Identifikation des rufenden Leitfahrzeugs
- „virtuelle elektronische Deichsel“ 34 mit Rundum-Radar 80 zur Erfassung der Position eines rufenden Leitfahrzeugs 32
- elektronische Steuerung 38 mit Mikroprozessor hinreichender Leistung und Speicherkapazität
- Abruf der Leitalgorithmen des identifizierten Leitfahrzeugs 32 und Berechnung der Bewegungsvektoren 39 des Gesamtfahrzeugs und der Einzelradantriebe des Triebachs-Anhängers 33
- Kommandierung der Vorgabedaten für die Einzelradantriebe über das Kommunikationsnetz
- Abarbeitung eines Fahrzyklus aller Einzelradantriebe und Wiederholung der Abarbeitungsschleife bis der Arbeitsabstand A1 erreicht ist
- Ankoppeln an das Leitfahrzeug 32 mit der „virtuellen elektronischen Deichsel“ und Abtransport des gesamten Gespannes

- Andocken eines Triebachs-Anhänger 33 im Abstand von etwa 5 cm an ein Nutzkraftfahrzeug 32 zur Übergabe eines Containers 100 für den Abtransport
- etc.

[0048] Als Primär-Leistungseinheit für einen Triebachs-Anhänger 33 kommt z.B. ein zentraler Unterflur-Diesel-Motor mit Generator in Betracht, dessen Wechselstrom von einem Gleichrichter gleichgerichtet und als Gleichstrom über einen Zwischenkreis den Einzelradmotoren zugeführt wird, wo je Rad ein Kontroller und Wechselrichter die von der elektronischen Steuerung vorgegebenen Radgeschwindigkeiten und Momente einstellt.

[0049] Es kann aber auch eine Primär-Leistungseinheit mit verteilten Brennstoffzellen von etwa 40 kW, die als Einzelaggregate rechts und links zwischen den Rädern platziert werden und den Vorteil bieten, dass der chemische Energieinhalt des Kraftstoffs ohne den Umweg über eine mechanische Stufe direkt als Gleichstrom bereitgestellt wird.

Patentansprüche

- 1 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug für den Einsatz in der Landwirtschaft, bei denen der Triebachs-Anhänger (33) mindestens eine angetriebene Achse und mindestens eine gelenkte Achse aufweist,
am mindestens einen eigenen Antrieb aufweisenden Triebachs-Anhänger (33) mindestens eine Empfangseinheit für Positionskoordinaten, die mit einer elektronischen Steuerungseinheit (38) für die Steuerung der Bewegung des unbemannten Triebachs-Anhängers (33) in Bezug zur jeweiligen Position des bemannten Leitfahrzeugs (32) verbunden ist.
- 2 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit für den Empfang von Signalen eines Satellitenpositionsbestimmungssystems, den Empfang von Funk- und/oder Radarsignalen ausgebildet ist.
- 3 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass an Achsen und/oder Rädern des Triebachs-Anhängers (33) zur Bestimmung von Drehzahlen, Drehmomenten, der jeweiligen Masse und/oder von Radstellungen Sensoren vorhanden sind.
- 4 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Laserstrahlführungssystem vorhanden ist.

- 5 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Triebachs-Anhänger (33) eine elektronische Kamera mit einer Bildverarbeitung vorhanden ist.
- 6 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an gelenkten Achsen oder einzeln gelenkten Rädern des Triebachs-Anhängers (33) ein Antrieb vorhanden ist.
- 7 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Räder des Triebachs-Anhängers (33) mittels Hexapod-Achsaufhängungen befestigt sind.
- 8 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebe der Achsen oder Räder des Triebachs-Anhängers (33) jeweils Elektromotoren sind.
- 9 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Triebachs-Anhänger (33) ein Diesel-Elektro-Aggregat vorhanden ist.
- 10 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Triebachs-Anhänger (33) mindestens eine Brennstoffzelle vorhanden ist.

- 11 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf das Fahrzeugchassis des Triebachs-Anhänger (33) Wechselcontainer (100) aufsetzbar sind.
- 13 Triebachs-Anhänger und Leitfahrzeug nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Räder des Triebachs-Anhängers (33) jeweils einzeln angetrieben und /oder lenkbar sind.

Zusammenfassung

Triebachs-Anhänger sind autonome Transportfahrzeuge und als Teil einer Prozesskette von Erntemaschinen zuständig für den Abtransport des Erntegutes. Die unbemannten Triebachs-Anhänger werden über CBS-Funk von einem bemannten Leitfahrzeug aufgefordert ihm zu folgen. Der Triebachs-Anhänger ortet das rufende Leitfahrzeugs und nähert sich und folgt ihm mit einer „elektronischen Deichsel“ autonom.

Als Transportmittel sind Container im Einsatz. Durch seitliches Andocken an eine Erntemaschine kann ein Mähdrescher abgetankt oder das Erntegut übergeben werden. Der Triebachs-Anhänger befördert den gefüllten Container zu einem Nutzkraftfahrzeug am Rand des Feldes und übergibt den Container für den Weitertransport auf der Straße.

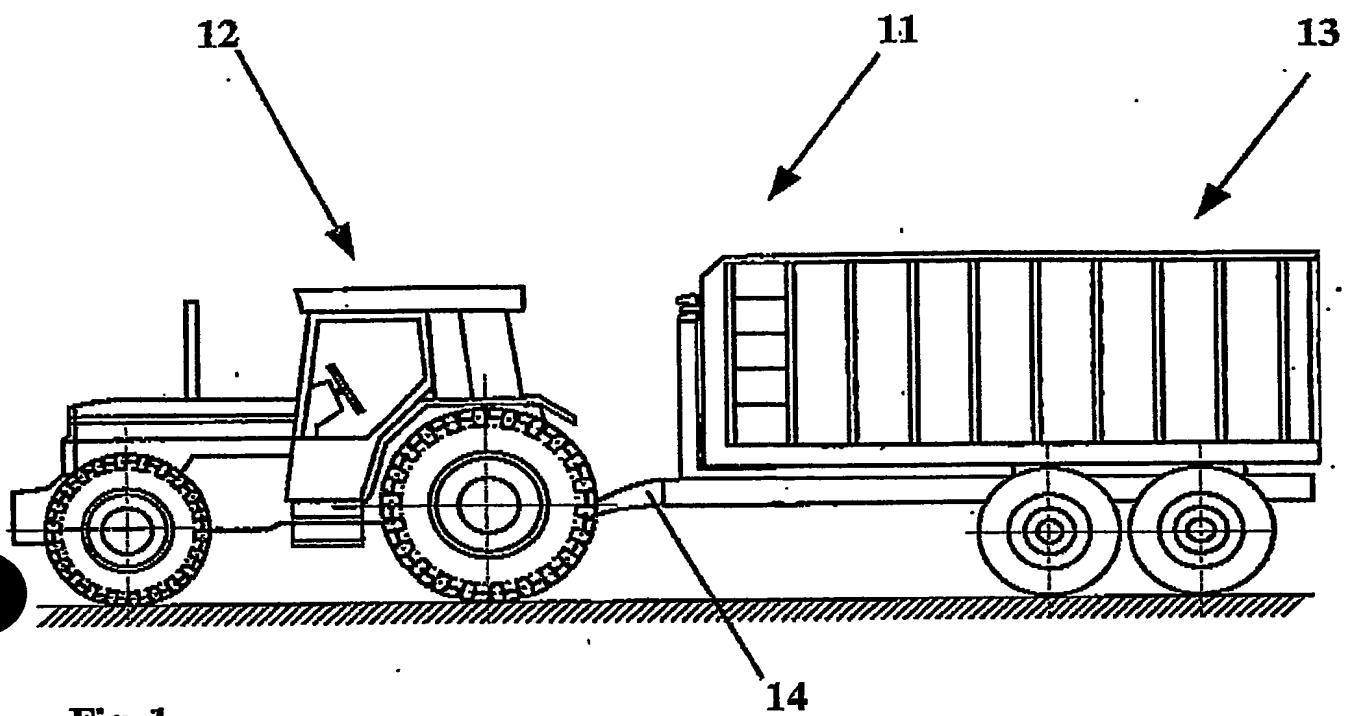


Fig. 1

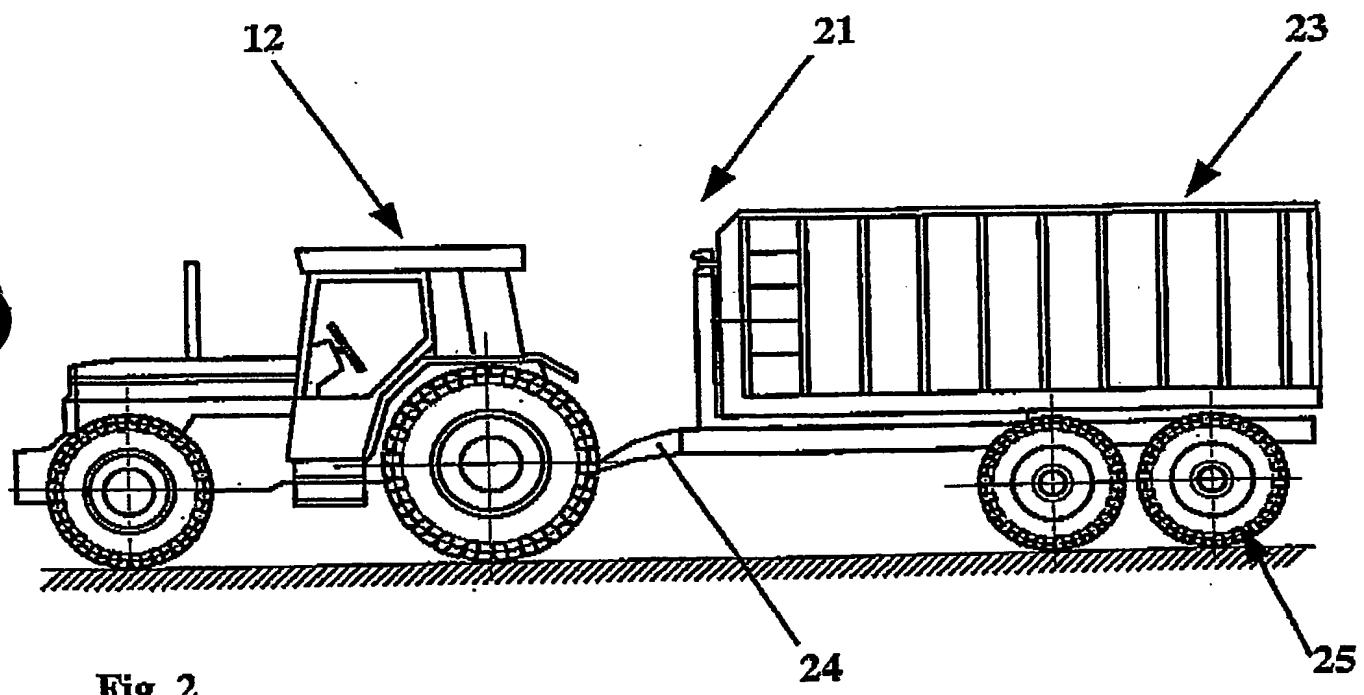


Fig. 2

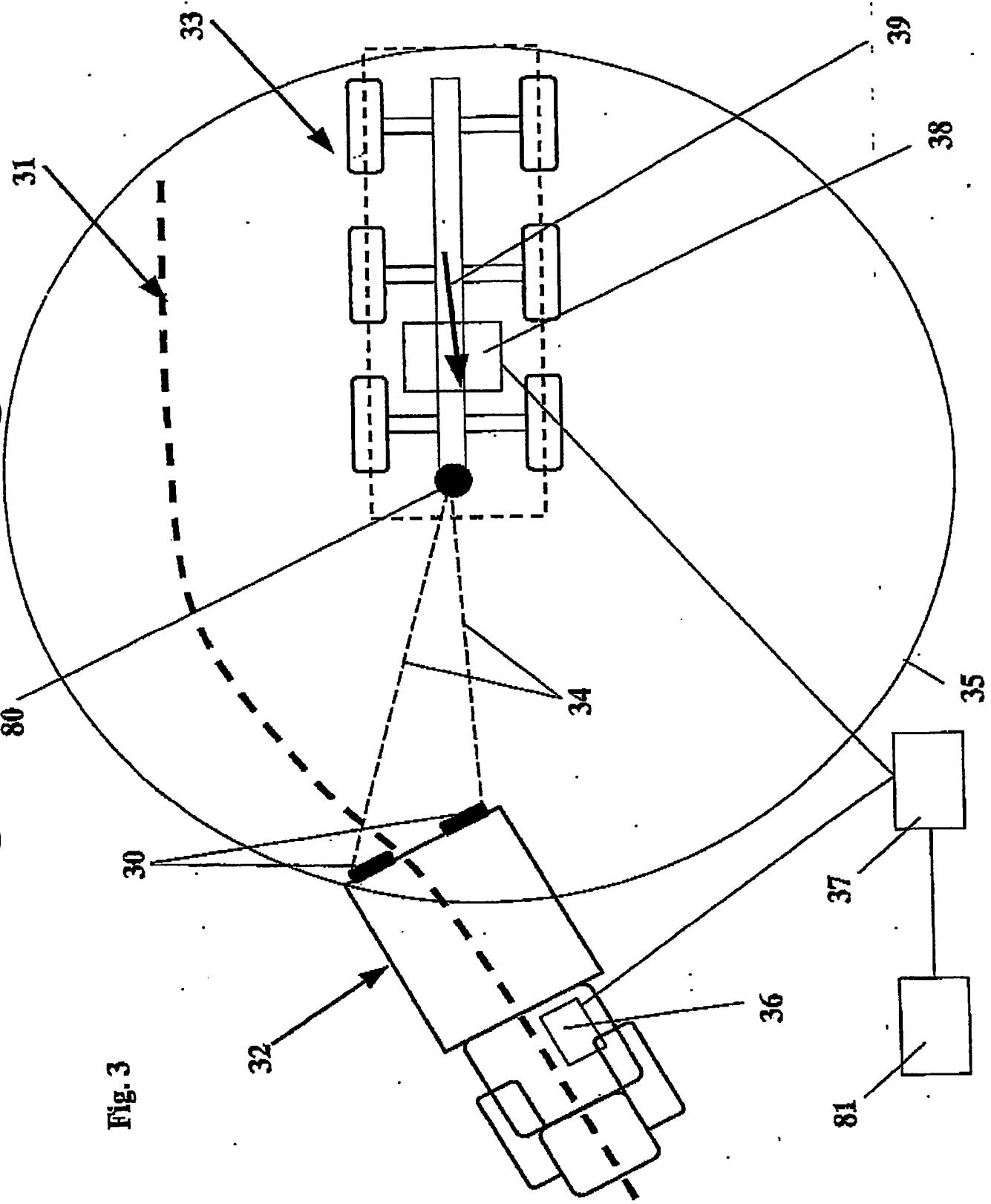
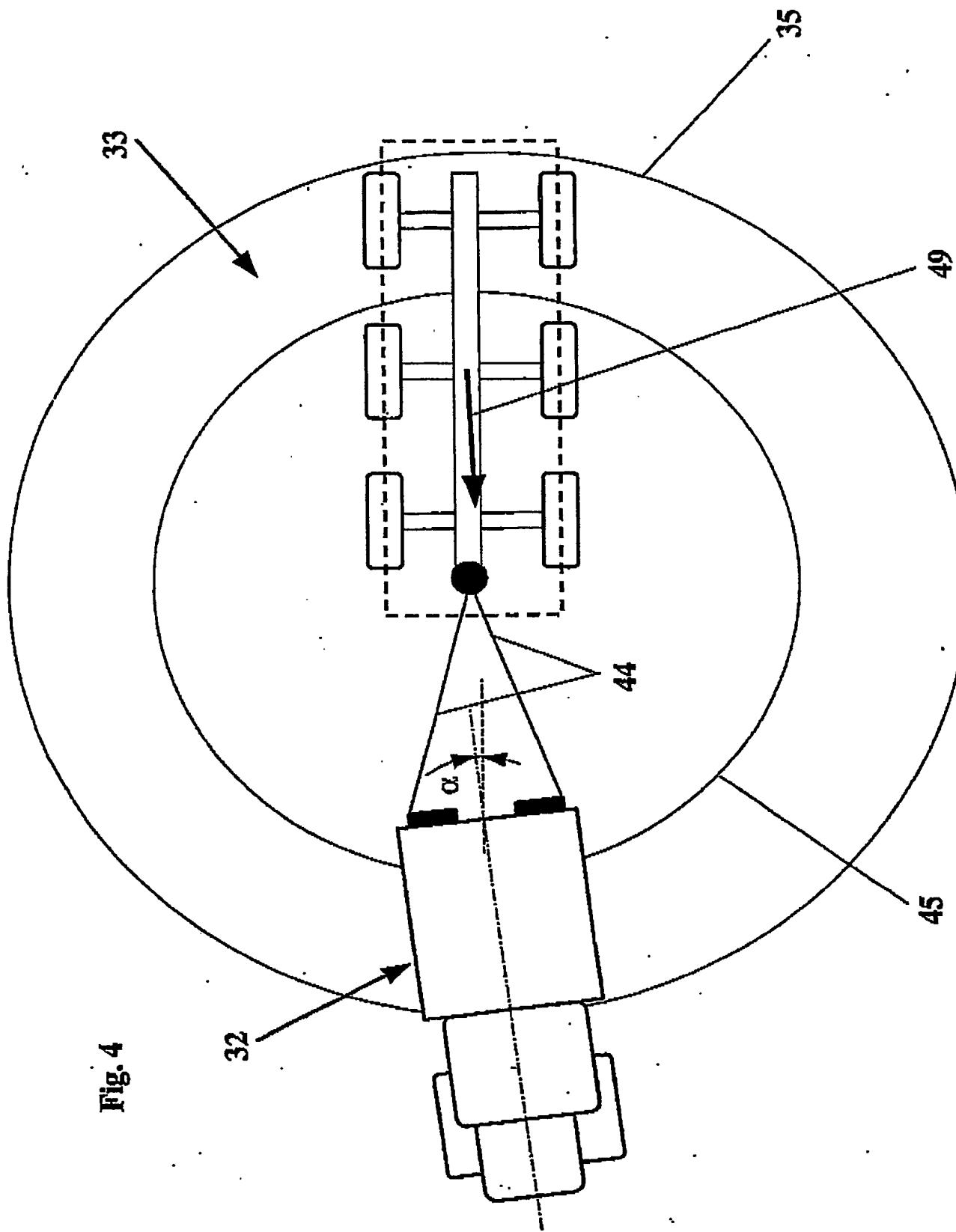


Fig. 3

Fig. 4



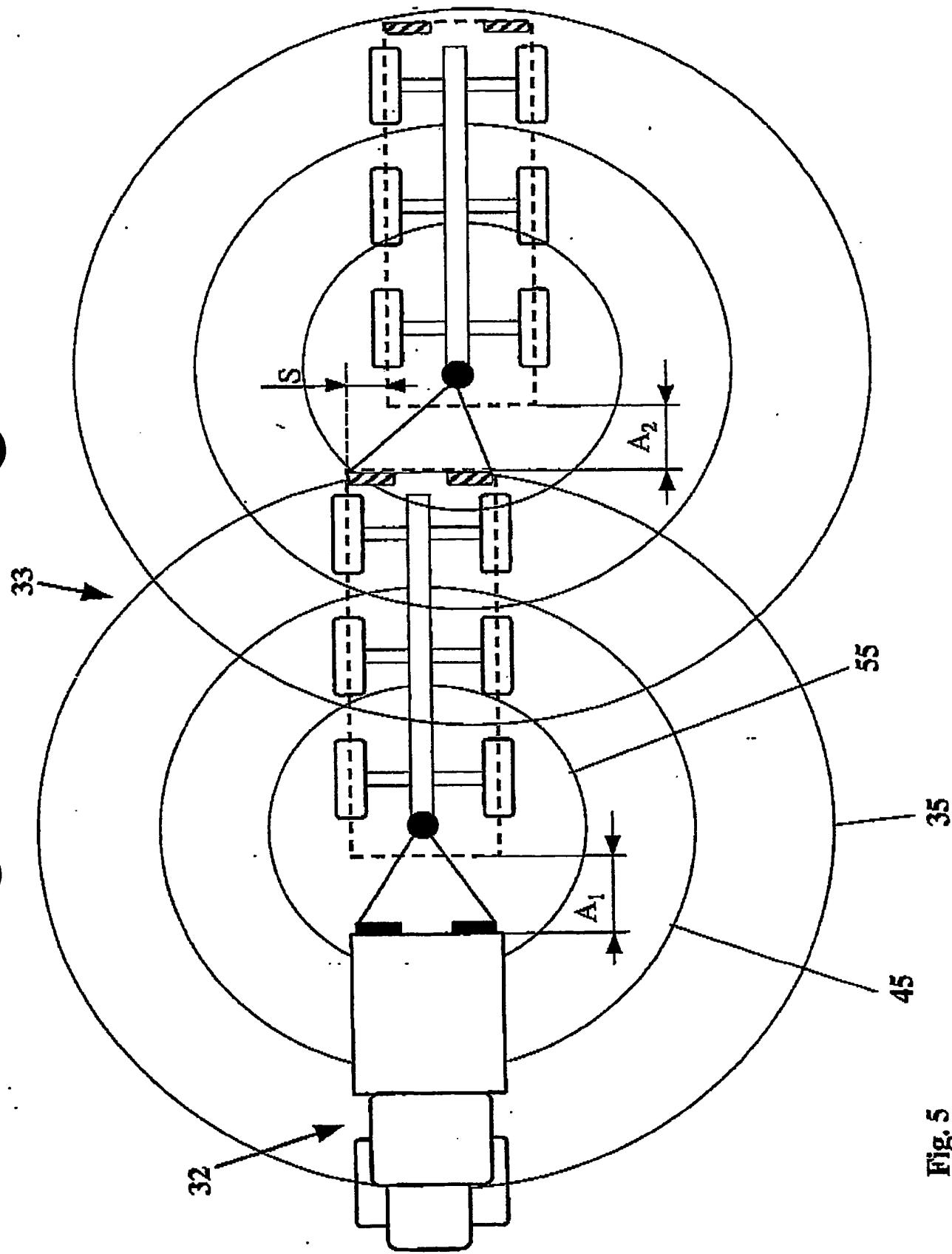
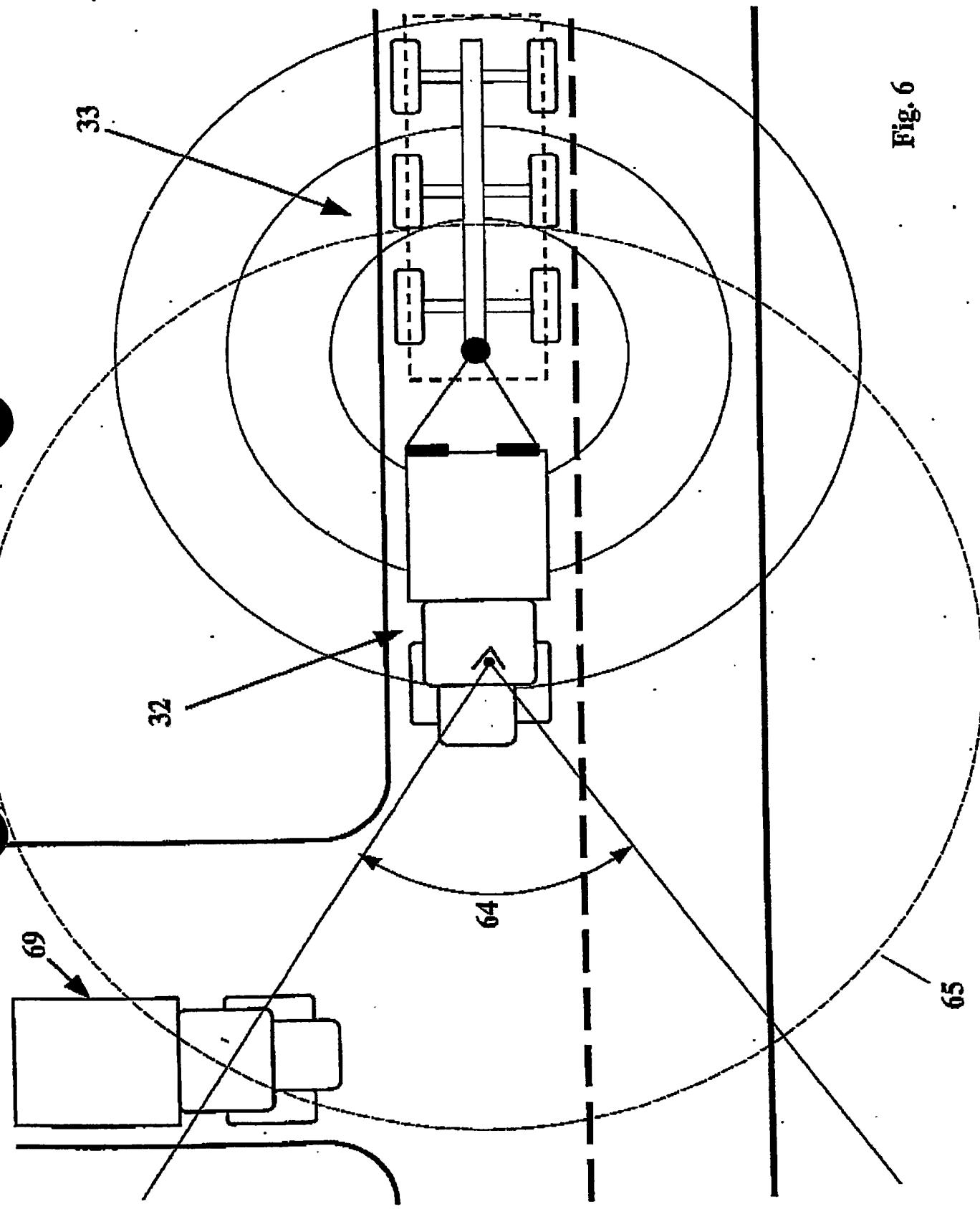


Fig. 5

Fig. 6



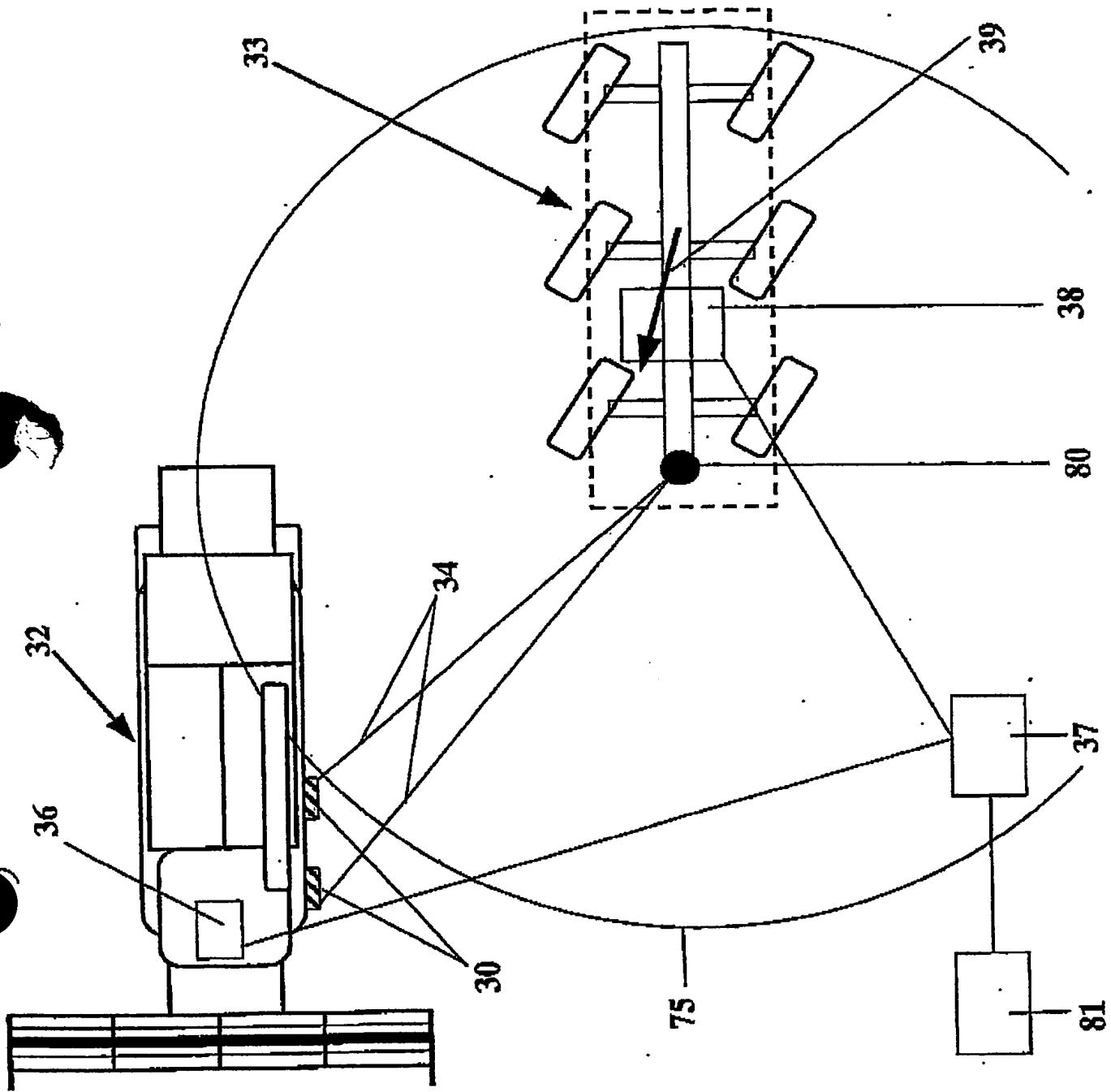


Fig. 7

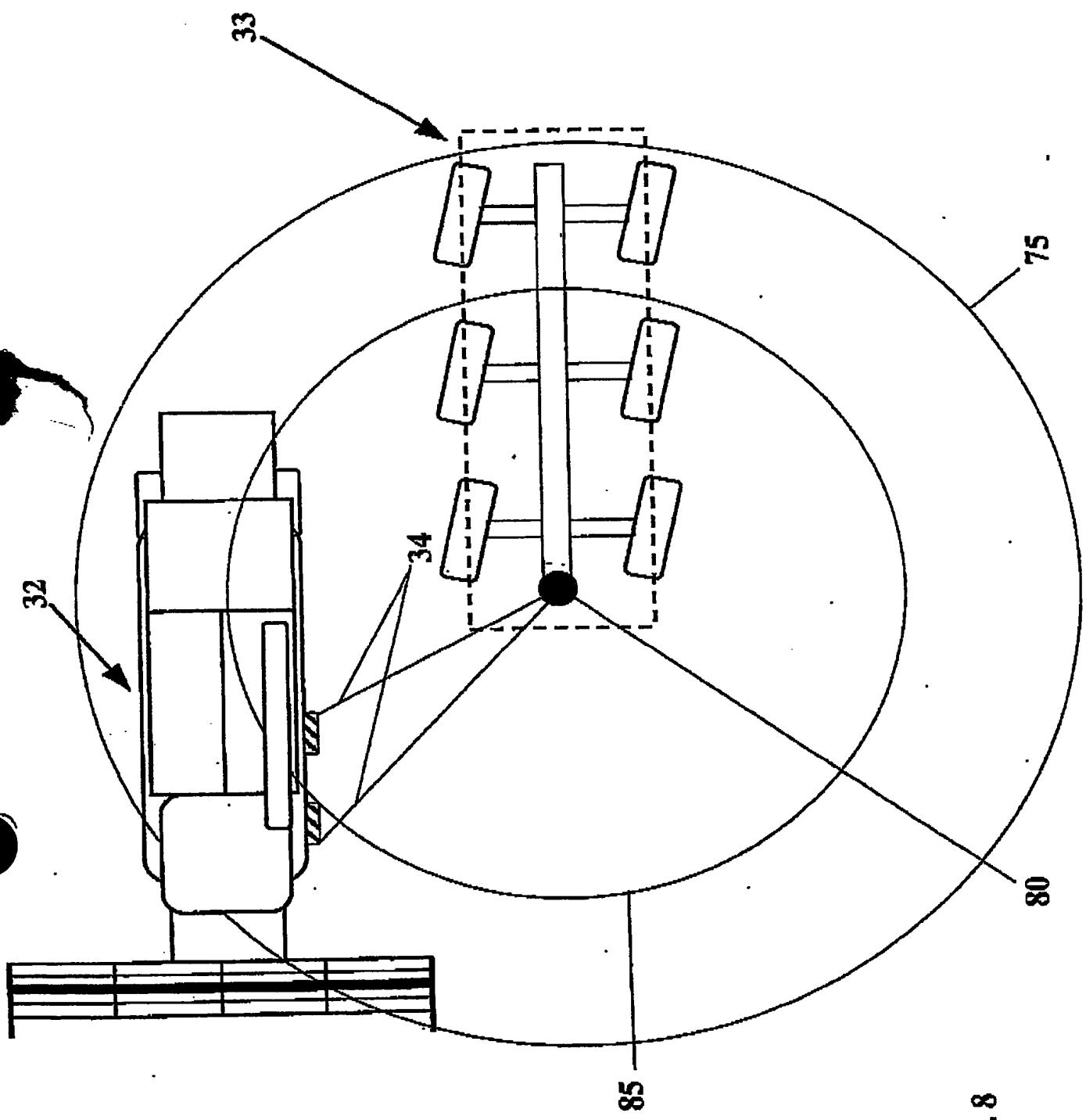
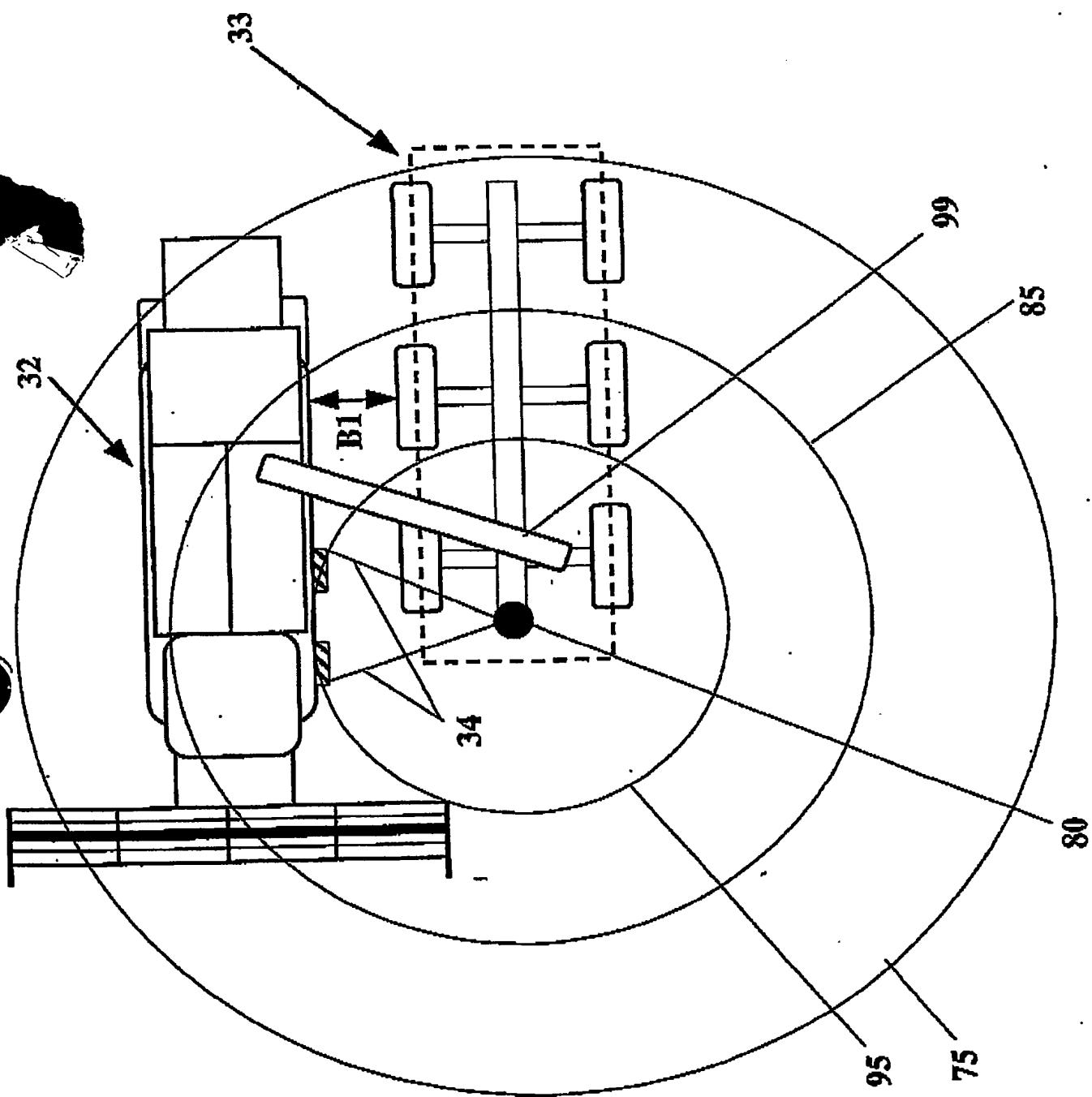


Fig. 8

Fig. 9



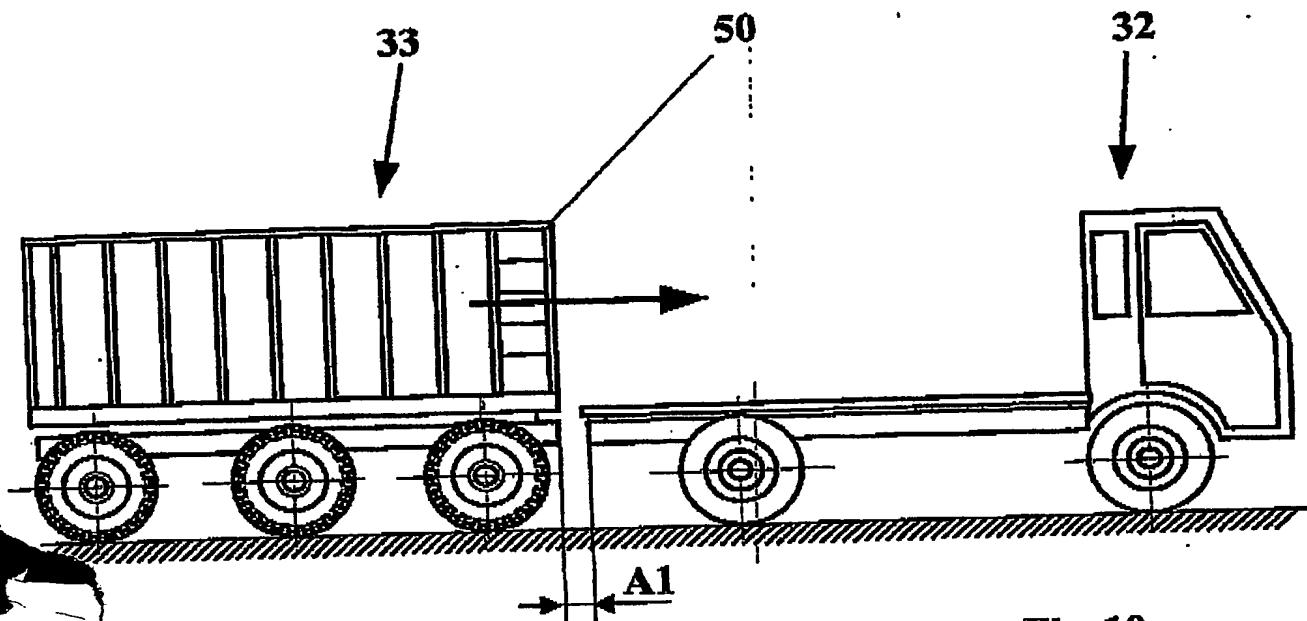


Fig. 10

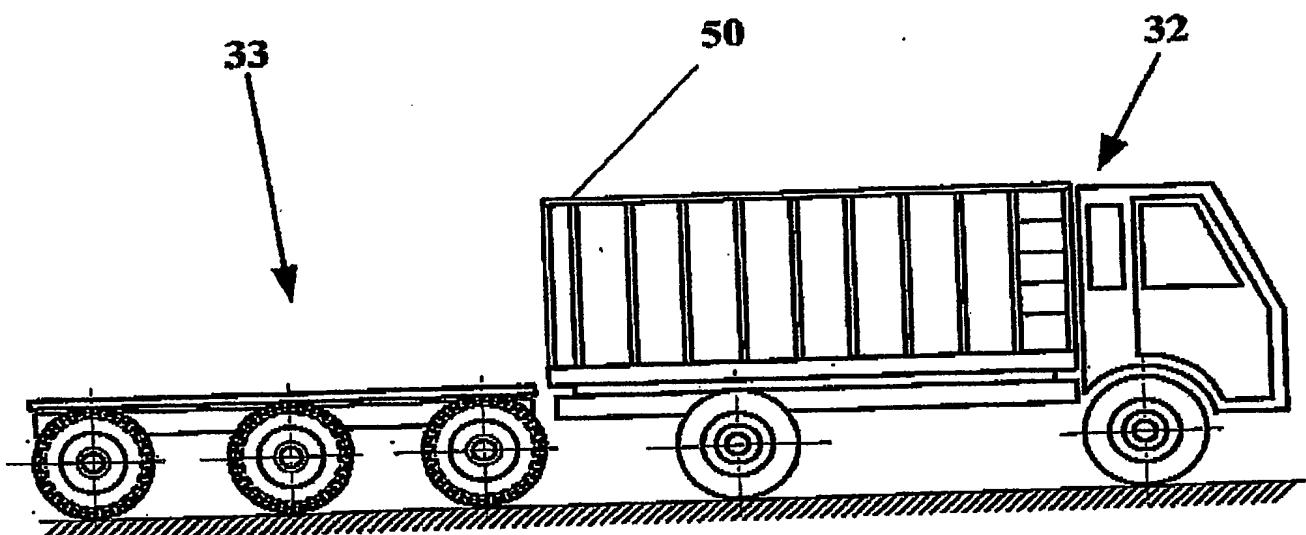


Fig. 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.